

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Lapisan ozon merupakan lapisan yang mengandung konsentrasi ozon ( $O_3$ ) tinggi. Konsentrasi ozon maksimum berada pada ketinggian 20-30 km. Ozon pada lapisan stratosfer sangat penting karena menyerap 93-99% sinar ultraviolet (UV) yang berpotensi merusak kehidupan di bumi (Sivasakthivel dkk., 2017). Sebaliknya, ozon pada lapisan troposfer merupakan salah satu jenis gas rumah kaca karena ozon pada lapisan ini bertindak sebagai polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia (Brusseau dkk., 2019). Konsentrasi gas rumah kaca yang berlebihan di atmosfer dapat menimbulkan efek negatif, seperti penipisan lapisan ozon (Zhu dkk., 2021). Gas rumah kaca dapat dihasilkan dari kegiatan manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil (Hamrani dkk., 2020). Diantara gas rumah kaca adalah uap air ( $H_2O$ ) dengan konsentrasi sebesar 40.000 ppmv, karbon dioksida ( $CO_2$ ) dengan konsentrasi sebesar 421 ppmv, dan metana ( $CH_4$ ) dengan konsentrasi sebesar 1,908 ppmv (Diego, 2021).

Uap air merupakan salah satu jenis gas rumah kaca yang berperan penting dalam keseimbangan radiasi bumi (Crutzen dkk., 2017). Uap air yang terdapat di lapisan stratosfer memainkan peran penting dalam kimia ozon stratosfer, meskipun jumlahnya relatif sedikit dibandingkan di lapisan troposfer (Jiang dkk., 2015). Uap air di lapisan stratosfer terpecah menjadi radikal hidroksil (OH) dan atom oksigen (O) melalui fotodisosiasi (proses pemecahan molekul oleh radiasi UV). Radikal hidroksil merupakan katalis yang berperan dalam penipisan lapisan ozon. Konsentrasi uap air di atmosfer jauh lebih tinggi dibandingkan dengan gas rumah

kaca lainnya, sehingga variasi atau perubahan konsentrasi uap air memiliki pengaruh terhadap keseimbangan energi di atmosfer dan penipisan lapisan ozon (Peng dkk., 2017). Uap air memiliki efek pemanasan yang lebih besar jika dibandingkan dengan gas rumah kaca lainnya, sehingga meningkatkan pemanasan global yang dapat memperparah efek penipisan lapisan ozon jika uap air dan ozon saling berkaitan (Zhang dkk., 2022).

Keterkaitan antara uap air dan ozon dapat membuat lapisan ozon semakin menipis karena terdapat molekul perusak lapisan ozon pada uap air, yaitu radikal hidroksil (Muhamad dkk., 2014). Oleh karena itu, pemahaman yang lebih baik tentang variabilitas gas rumah kaca uap air di atmosfer sangat penting untuk memahami keterkaitannya terhadap penipisan lapisan ozon. Variabilitas gas rumah kaca uap air merupakan variasi konsentrasi uap air di atmosfer yang dapat dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, fenomena ENSO (*El-Niño Southern Oscillation*), dan lainnya. Variabilitas gas rumah kaca uap air dapat digunakan untuk memprediksi tren jangka panjang fenomena atmosfer, seperti penipisan lapisan ozon (Davis dkk., 2017).

Penelitian terkait variabilitas uap air dan ozon telah dilakukan oleh beberapa peneliti di dunia. Jiang dkk. (2015) menganalisis uap air menggunakan data MERRA, ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*), dan MLS (*Microwave Limb Sounder*). Pada penelitian ini ditemukan bahwa hasil analisis uap air menggunakan data MLS lebih baik dibandingkan data yang lain. Namun, penelitian ini masih terbatas pada distribusi spasial karena hanya mengamati uap air pada empat nilai tekanan saja (68 hPa, 100 hPa, 147 hPa, dan

215 hPa). Nilai tekanan yang diamati belum sampai ke lapisan stratosfer yang terdapat ozon (5 hPa-46 hPa), sehingga tidak ditemukan keterkaitan antara uap air dan ozon karena berada pada tekanan yang berbeda.

Scherer dkk. (2016) menganalisis tren dan variabilitas uap air di stratosfer latitud menengah menggunakan data seri balon NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) dan data dari satelit HALOE (*Halogen Occultation Experiment*). Penelitian ini memberikan analisis vertikal yang baik terhadap tren dan variabilitas uap air di stratosfer. Namun, penelitian ini terbatas pada rentang ketinggian lapisan stratosfer yang diamati (14 km - 25 km). Davis dkk. (2017) menggunakan data MERRA-2 (*Modern Era Retrospective Analysis for Research and Applications version 2*), ERA-40, ERA-Interim, JRA-25, dan JRA-55 untuk menganalisis variabilitas uap air dan ozon di lapisan troposfer dan stratosfer. Pada penelitian ini ditemukan bahwa variabilitas ozon secara vertikal ditemukan di kedua lapisan tersebut, sedangkan variabilitas uap air di lapisan stratosfer tidak ditemukan.

Penelitian variabilitas gas rumah kaca uap air dalam kaitannya dengan penipisan lapisan ozon di Indonesia masih jarang dilakukan. Andarini dkk. (2020) mengamati hubungan antara QBO (*Quasi Biennial Oscillation*) dengan konsentrasi uap air dan ozon terhadap respon pendinginan dan pemanasan radiatif di lapisan stratosfer bawah. Penelitian ini menggunakan data MLS sehingga didapatkan anomali konsentrasi uap air dan ozon. Namun, penelitian yang dilakukan oleh Andarini dkk. (2020) tidak membahas keterkaitan antara uap air dan ozon. Pada penelitian ini akan dianalisis variabilitas gas rumah kaca uap air di Indonesia dalam

kaitannya dengan penipisan lapisan ozon. Fenomena ENSO (*El-Niño Southern Oscillation*) akan diamati pada penelitian ini untuk melihat pengaruhnya terhadap variabilitas uap air di atmosfer. Tren konsentrasi uap air dan ozon akan ditentukan pada penelitian ini dengan menggunakan Uji Mann-Kendall dan Sen's Slope.

## **1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh fenomena ENSO terhadap konsentrasi uap air yang difokuskan pada lapisan stratosfer wilayah Indonesia. Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui hubungan antara fenomena ENSO dengan konsentrasi uap air di atmosfer dan diketahui tren konsentrasi uap air dan ozon. Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk melihat keterkaitan antara gas rumah kaca uap air dengan penipisan lapisan ozon di wilayah Indonesia.

## **1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian**

Penelitian ini dibatasi pada gas rumah kaca uap air dan lokasi penelitian hanya di wilayah Indonesia ( $10^{\circ}\text{N} - 10^{\circ}\text{S}$  dan  $90^{\circ}\text{E} - 145^{\circ}\text{E}$ ). Fenomena ENSO (*El-Niño Southern Oscillation*) dilihat berdasarkan indeks ONI (*Oceanic Niño Index*). Data yang digunakan adalah data konsentrasi uap air dan konsentrasi ozon dari MLS (*Microwave Limb Sounder*). Data suhu permukaan laut, kelembaban relatif, dan suhu dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) generasi kelima (ERA5). Data ini digunakan karena memiliki resolusi spasial dan temporal yang tinggi.